Journal of Agricultural Machinery
Vol. 11, No. 2, Fall- Winter 2021, p. 491-504

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۴۰۰، ص ۵۰۴-۴۹۱

مقاله علمی-پژوهشی

تجزیه و تحلیل شاخص‌های انرژی و اثرات زیست‌محیطی تولید گرمک دیم با رویکرد ارزیابی چرخه زندگی (مطالعه موردی: ایلام)

علی کعب[۱]، محمد شریفی[۲*]، حامد مرادی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۰

چکیده

هدف از این مطالعه، ارزیابی نظام تولید گرمک دیم از نظر شاخص‌های انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی با رویکرد ارزیابی چرخه زندگی بود. داده‌های مورد نیاز برای این مطالعه از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه‌ی حضوری با ۶۴ تولیدکننده‌ی محصول گرمک دیم در شهرستان ایوان غرب واقع در استان ایلام به‌دست آمد. نتایج نشان داد کل انرژی ورودی و خروجی در تولید گرمک دیم به‌ترتیب برابر با ۳۹۰۲۱/۵۹ و ۳۹۱۹۰/۴۳ مگاژول بر هکتار بوده و سوخت دیزل، ماشین‌های کشاورزی و کود نیتروژن به‌ترتیب با سهم ۵۱، ۲۴ و ۱۴ درصد، پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی بودند. سهم انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به‌ترتیب برابر با ۵۷٪، ۴۳٪، ۷٪ و ۹۳٪ درصد بود. شاخص کارایی انرژی و افزوده خالص انرژی در این مطالعه به‌ترتیب مقدار ۱/۰۰۴ و ۱۶۸/۸۴ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد. همچنین نتایج حاصل از اثرات زیست‌محیطی که در گروه‌های اثر (تخلیه مواد غیر آلی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی، نقصان لایه‌ی ازن، مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک و اکسیداسیون فتوشیمیایی) نشان داد که سوخت دیزل، کود نیتروژن و ماشین‌های کشاورزی بیشترین تأثیر را از بین نهاده‌های ورودی داشته‌اند. از بین گروه‌های اثر، مسمومیت آب‌های آزاد بیشترین بار زیست‌محیطی را در تولید محصول مورد مطالعه دارد. نتایج شاخص بوم شناخت (EcoX) گرمک دیم تولید شده برابر با ۰/۲۳ EcoX به ازای یک تن گرمک تولیدی محاسبه گردید. مدیریت صحیح استفاده از ماشین‌های کشاورزی، تجهیز مزارع با ماشین‌های مناسب و جدید و عدم استفاده از تراکتور و ادوات فرسوده می‌تواند انرژی مصرفی و آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از تولید را به حداقل برساند. استفاده‌ی کمتر از کودهای شیمیایی (به‌خصوص نیتروژن) و جایگزینی آن با کودهای اکولوژیک نیز می‌تواند در این امر تأثیرگذار باشد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، اثرات زیست‌محیطی، شاخص بوم‌شناخت، گرمک دیم

مقدمه

امروزه تولیدات کشاورزی بر پایه استفاده از منابع محدودی مانند سوخت‌های فسیلی و دیگر نهاده‌های تجدیدناپذیر است. افزایش روزافزون تقاضای انرژی به دلیل افزایش جمعیت باعث بالا رفتن درجه اهمیت مدیریت مصرف انرژی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه گردیده است. از طرفی دیگر مصرف بیش از حد انرژی، مشکلات زیست‌محیطی مانند آلودگی آب، هوا، خاک، کاهش حاصلخیزی، فرسایش خاک و تخلیه منابع را در پی خواهد داشت. از این رو مدیریت بهینه مصرف انرژی در کشاورزی به‌منظور انتخاب راهکارهای مناسب جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی ضروری می‌باشد (Mohseni *et al.*, 2019).

گرمک (*Cucumis melo* var.)، گیاهی یک‌ساله از تیره‌ی کدوئیان و دارای میوه‌ای خوراکی با خواص مفید بسیار زیاد می‌باشد. میوه‌ی گرمک یکی از بهترین منابع ویتامین A است و سرشار از بتاکاروتن است که در بدن تبدیل به ویتامین A می‌شود. علاوه بر این، حاوی مواد مغذی مفید دیگری مثل پتاسیم، فولاد، فیبر، منیزیم، ید و ویتامین‌های B5، B3، B6 و B1 است (Alexandrou *et al.*, 2009). کشاورزی، یک فرآیند تبدیل انرژی است که در این فرآیند انرژی خورشید، فرآورده‌های سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته، به غذا و الیاف مورد نیاز انسان تبدیل می‌گردد. در سال‌های اخیر با گسترش آگاهی‌ها در زمینه‌ی مسئله‌ی گرمایش زمین، نگرانی در مورد تأثیر انتشار کربن بر اقلیم جهانی افزایش یافته است و در حال حاضر محیط‌زیست یکی از مؤلفه‌های اصلی در سیاست‌های کلان جهانی بوده و بسیاری از مؤلفه‌های دیگر را تحت تأثیر قرار داده است. به همین دلیل مهم‌ترین عامل و پیش‌نیاز بسیاری از فعالیت‌ها در سطح کلان، سازگاری با محیط‌زیست است. آلودگی‌های زیست‌محیطی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m.sharifi@ut.ac.ir)
DOI: 10.22067/jam.v11i2.82119

یکی از مهم‌ترین چالش‌های جامعه انسانی در قرن حاضر است (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2017).

تأمین و تولید انرژی و چگونگی مصرف آن در جهان از دیرباز یکی از دغدغه‌های ذهن بشر و مباحث روز دنیا بوده است و یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در تولید پایدار محصولات غذایی و کشاورزی، مقدار انرژی ورودی به‌ازای تولید یک واحد از محصول است. انرژی نقشی تأثیرگذار در توسعه‌ی بخش‌های مهم اقتصادی از قبیل حمل‌ونقل، صنعت و کشاورزی دارد. ارزیابی انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی یک فرآیند تولیدی از نظر ارائه‌ی راهکارهای کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها، دارای اهمیت می‌باشد. به این دلیل تحقیقات بسیاری از محققان به سمت مدیریت انرژی معطوف می‌باشد. از سوی دیگر، استفاده‌ی بیش‌ازحد انرژی باعث بروز برخی از مشکلات مربوط به سلامتی انسان و محیط‌زیست می‌شود؛ لذا بررسی انتشار آلاینده‌ها در فرآیندهای تولید مواد غذایی امری ضروری به نظر می‌رسد (Kouchaki-Penchah *et al.*, 2016).

روش‌های مختلفی جهت محاسبه اثرات زیست‌محیطی وجود دارد که شامل CML 2 baseline، Impact 2002+، Eco-indicator 99، ReCiPe2008، ReCiPe2016 در هلند، EDIP'97 و EDIP 2003 در دانمارک و روش EPS 2000 در سوئد توسعه یافته است (Kouchaki-Penchah *et al.*, 2016; Huijbregts *et al.*, 2017). ارزیابی چرخه‌ی زندگی از روندی که در استاندارد ISO (۱۴۰۴۰ و ۱۴۰۴۴) آورده شده است. چهار مرحله اصلی را برای هر پروژه ارزیابی چرخه زندگی الزامی کرده است (ISO, 2006). به‌عبارت‌دیگر، در یک پروژه ارزیابی چرخه زندگی تمام فرآیندهای تولید یک محصول از مرحله استخراج مواد اولیه تا دفع پسماندهای باقی‌مانده از مصرف آن محصول (گهواره تا گور) مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از آن جهت کاهش تأثیرات مخرب زیست‌محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Auer *et al.*, 2017). این روش ابزاری برای تجزیه و تحلیل اثرات زیست‌محیطی محصولات در همه‌ی مراحل چرخه زندگی آن‌ها از استخراج منابع تا تولید مواد، تولید قطعات و تولید نهایی محصول و استفاده از محصول تا مدیریت پس از دفع آن شامل بازیافت، استفاده مجدد و دفع نهایی می‌باشد. در سال‌های اخیر ارزیابی چرخه زندگی به ابزار مناسبی جهت بررسی و تعیین میزان اثرات زیست‌محیطی در تولیدات کشاورزی و صنایع غذایی تبدیل گردیده به‌طوری‌که در بسیاری از کشورها از آن به‌عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری‌های کلان در برنامه‌ریزی‌های زراعی استفاده می‌کنند (Kaab *et al.*, 2019a). همچنین روشی است برای تعیین تمام تأثیرات محیطی مرتبط با یک محصول، فرآیند یا خدمات و تمام آلاینده‌های منتشرشده و مواد زائد رها شده به طبیعت در طول قرن گذشته از این شیوه بیشتر در زمینه‌های صنعتی استفاده می‌شد اما امروزه اکثر محققین از آن به‌طور گسترده برای تعیین اثرات محصولات، فرآیندها و خدمات بر روی محیط‌زیست استفاده می‌کنند(Jolliet *et al.*, 2016).) در این روش به منظور تمرکز بیشتر روی فرآیندها، مرز سامانه به‌صورت بخشی از کل سامانه در نظر گرفته شد که نتایج بر اساس مرز انتخاب شده و برای یک مقیاس کوچک‌تر بیان شدند (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2016a).

مطالعات متعددی در زمینه ارزیابی چرخه زندگی محصولات مختلف انجام شده که می‌توان به برخی از آن‌ها اشاره کرد. سلورا و همکاران چرخه زندگی چند محصول گلخانه‌ای شامل فلفل، هندوانه و گوجه‌فرنگی را در کشور ایتالیا مورد بررسی قرار دادند، مطالعه آن‌ها شامل مراحل استخراج مواد اولیه، تولید نهاده‌ها، تولید محصول، حمل‌ونقل و بسته‌بندی را در برمی‌گرفت، ارزیابی آن‌ها نشان داد که بیشترین آلایندگی‌ها به دو عامل نوع بسته‌بندی و ساختار گلخانه‌ها وابسته است و بالاترین گروه تأثیر آلاینده‌ها مربوط به مسمویت انسان‌ها و مسمویت خاک بود، به‌علاوه گلخانه‌هایی که نیاز به سیستم گرمایش نداشتند دارای اثرات زیست‌محیطی کمتری بودند (Cellura *et al.*, 2012). منفردی و ویگنالی در مطالعه‌ای به ارزیابی چرخه زندگی تولید گوجه‌فرنگی پرداختند، نتایج آن‌ها نشان داد گروه‌های اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای بیشترین میزان آلایندگی را دارند که دلیل آن را استفاده بیش از حد سموم و کودهای شیمیایی اشاره کردند (Manfredi and Vignali, 2014). پیشگرکومله و همکاران چرخه زندگی تولید پنبه در استان البرز را مورد بررسی قرار دارند، نتایج تحقیق ایشان نشان داد دو نهاده سوخت دیزل و ماشین‌های کشاورزی به‌عنوان نهاده‌هایی با بیش‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشند (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012a). مطالعات مشابه دیگری نیز در زمینه‌ی ارزیابی تولیدات کشاورزی با رویکرد ارزیابی چرخه زندگی صورت گرفته است؛ از آن جمله می‌توان به ارزیابی چرخه زندگی کشت سیب‌زمینی (Khoshnevisan *et al.*, 2013a)، تولید برنج (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2018) و نیشکر (Kaab *et al.*, 2019a) در ایران اشاره کرد.

با توجه به این حقیقت که آگاهی مصرف‌کنندگان محصولات کشاورزی در مورد مسائل زیست‌محیطی رو به افزایش است و توجه مصرف‌کنندگان به مصرف مواد غذایی سالم‌تر و با آلایندگی کمتر معطوف گشته است، ضرورت مطالعات ارزیابی چرخه‌ی زندگی در فرآیندهای تولیدات کشاورزی بیش‌از پیش روشن می‌گردد (Romero-Gámez *et al.*, 2012a). هدف از مطالعه‌ی حاضر، ارزیابی چرخه‌ی زندگی این محصول از نظر مصرف انرژی و میزان تولید آلاینده‌های زیست‌محیطی در شهرستان ایوان غرب واقع در استان ایلام می‌باشد. اهداف کلی این مطالعه به‌صورت زیر می‌باشد:

- محاسبه میزان مصرف انرژی هر یک از نهاده‌های ورودی و ارزیابی شاخص‌های انرژی از قبیل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی.

- تعیین شاخص‌های زیست‌محیطی با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو[1].
- نرمال‌سازی شاخص‌های زیست‌محیطی و برآورد شاخص نهایی بوم‌شناخت (EcoX)[2].
- ارائه راهکارهای مناسب جهت بهبود مصرف انرژی و کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید گرمک دیم.

مواد و روش‌ها

نحوه جمع‌آوری اطلاعات

اطلاعات مورد استفاده در این مطالعه از تولیدکنندگان گرمک دیم در شهرستان ایوان غرب واقع در استان ایلام با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۹ دقیقه و در بلندی ۱۱۴۰ متری از سطح دریا (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2018) با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه‌ی حضوری از کشاورزان جمع‌آوری گردید. پرسشنامه‌ها شامل اطلاعاتی مربوط به تولیدکننده منطقه، سواد، تجربه، سطح زیر کشت و غیره میزان مصرف نهاده‌ها، تعداد کارگران مورد استفاده در هر بخش، نوع و میزان مصرف ماشین‌های به‌کار رفته و غیره را در بر می‌گرفت. با توجه به گسترده بودن جامعه آماری در این پژوهش از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده برای تعیین حجم نمونه استفاده شد. حجم نمونه (تعداد کشاورزان) در این مطالعه از رابطه‌ی کوکران رابطه (۱) برابر با ۶۴ نمونه تعیین شد.

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \qquad d = \frac{t \times s}{\sqrt{n}} \qquad (۱)$$

که در آن N اندازه جامعه آماری یا تعداد مزارع منطقه موردمطالعه، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول تی استیودنت به‌دست می‌آید، S^2 برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه؛ d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n حجم نمونه است (Mousavi-Avval *et al.*, 2017).

انرژی‌های ورودی و خروجی

انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار) برای منابع مختلف ورودی شامل ماشین‌های کشاورزی، نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی به‌عنوان ورودی‌های سامانه و متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. انرژی بذر مورداستفاده در تولید گرمک ۴۷۱ مگاژول بر هکتار محاسبه شد (Alexandrou *et al.*, 2009). همچنین خروجی‌های سامانه که شامل گرمک بود، به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. میانگین مقدار نهاده‌ها و معادل‌های انرژی هر یک از نهاده‌های ورودی و خروجی در جدول ۱ آورده شده است.

1- Simapro
2- Eco-Index

انرژی معادل نهاده و ستادنده بر اساس رابطه (۲) تعیین گردید (Kaab *et al.*, 2019b).

$$IO_E = IO_U \times EC_{IO} \qquad (۲)$$

که در آن IO_E انرژی معادل نهاده‌های مصرفی برحسب مگاژول، IO_U میزان نهاده مصرفی (نیروی انسانی، سوخت دیزل و غیره) بر حسب واحد آن و EC_{IO} محتوای انرژی نهاده بر حسب مگاژول بر واحد می‌باشد.

انرژی مربوط به نهاده‌های ماشینی یکی از مهم‌ترین اقلام انرژی مصرفی در کل فرآیند موازنه انرژی تولیدات کشاورزی است. برای محاسبه انرژی ماشین‌های استفاده‌شده از رابطه (۳) استفاده شد (Taheri-Garavand *et al.*, 2010).

$$ME = \frac{G \times M_P \times t}{T} \qquad (۳)$$

که در آن ME انرژی ماشین در واحد سطح بر حسب مگاژول بر هکتار، G جرم ماشین بر حسب کیلوگرم، M_P انرژی ماشین بر حسب مگاژول بر کیلوگرم، t زمان استفاده شده از ماشین در واحد سطح بر حسب ساعت و T عمر مفید ماشین بر حسب ساعت است.

شاخص‌های انرژی

در این قسمت شاخص‌های انرژی در سامانه‌های تولیدی موردنظر، بررسی شد که یکی از مهم‌ترین اقدامات در فرآیند تحلیل انرژی محسوب می‌شود. در این راستا از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. بعضی از این شاخص‌ها که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی را آماده می‌کنند، شامل نسبت انرژی[3]، بهره‌وری انرژی[4]، انرژی ویژه[5] و افزوده خالص انرژی[6] طبق رابطه (۴) تا (۷) محاسبه شد (Mandal *et al.*, 2015; Hosseini *et al.*, 2016).

$$EUE = \frac{Output\ energy\ (MJ\ ha^{-1})}{\text{Input energy}\ (MJ\ ha^{-1})} \qquad (۴)$$

$$EP = \frac{Yield\ (kg\ ha^{-1})}{\text{Input energy}\ (MJ\ ha^{-1})} \qquad (۵)$$

$$SE = \frac{\text{Input energy}\ (MJ\ ha^{-1})}{Yield\ (kg\ ha^{-1})} \qquad (۶)$$

$$EG = Output\ energy\ (MJ\ ha^{-1}) - \text{Input energy}\ (MJ\ ha^{-1}) \qquad (۷)$$

انرژی مورد نیاز در فعالیت‌های کشاورزی به دو گروه مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شود. در این پژوهش، انرژی مستقیم شامل نیروی کارگری و سوخت دیزل و انرژی غیرمستقیم شامل کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و ماشین‌ها و ادوات می‌شود. همچنین،

1- Energy Use Efficiency (EUE)
2- Energy Productivity (EP)
3- Specific Energy (SE)
4- Net Energy Gain (NEG)

انرژی به دو نوع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر نیز تقسیم می‌شود. انرژی تجدیدناپذیر شامل سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم و ماشین‌ها می‌باشد درحالی‌که انرژی نیروی انسانی به‌عنوان انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد (Khoshnevisan *et al.*, 2013a). لازم به ذکر است که به علت اقلیم خاص منطقه و نیاز آبی محصول موردنظر، سامانه‌ی آبیاری به‌صورت دیم بوده و آب موردنیاز فقط از طریق بارش باران تأمین می‌شود.

جدول ۱– میانگین مقدار نهاده‌ها و محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده برای تولید گرمک دیم

Table 1- Average of amount and energy equivalent of inputs and outputs for dryland cantaloupe production

عنوان Title	واحد Unit	میانگین مقدار نهاده‌ها و ستانده Average of amount inputs and output	انحراف معیار Standard deviation	محتوای انرژی Energy equivalent (MJ unit^{-1})	منبع Reference
نهاده‌ها Inputs					
نیروی انسانی Human labor	hr	1237.39	364.35	1.96	(Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2017)
ماشین‌ها Machinery	kg	79.62	129.36	9	(Kaab *et al.*, 2019c)
سوخت دیزل Diesel fuel	L	352.96	626.24	56.31	(Bakhtiari *et al.*, 2015)
سموم شیمیایی Chemical pesticides	kg	1	0.11	120	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2012b)
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	kg				
نیتروژن Nitrogen		84.26	38.31	66.14	(Ozkan *et al.*, 2011)
فسفر Phosphorus		52.77	50.68	12.44	(Ozkan *et al.*, 2011)
پتاسیم Potassium		52.34	29.30	11.15	(Ozkan *et al.*, 2011)
بذر Seed	kg	1	0.21	-	-
ستانده Output					
گرمک Cantaloupe	kg	39190.43	-	1	(Ozkan *et al.* 2004)

ارزیابی چرخه‌ی زندگی

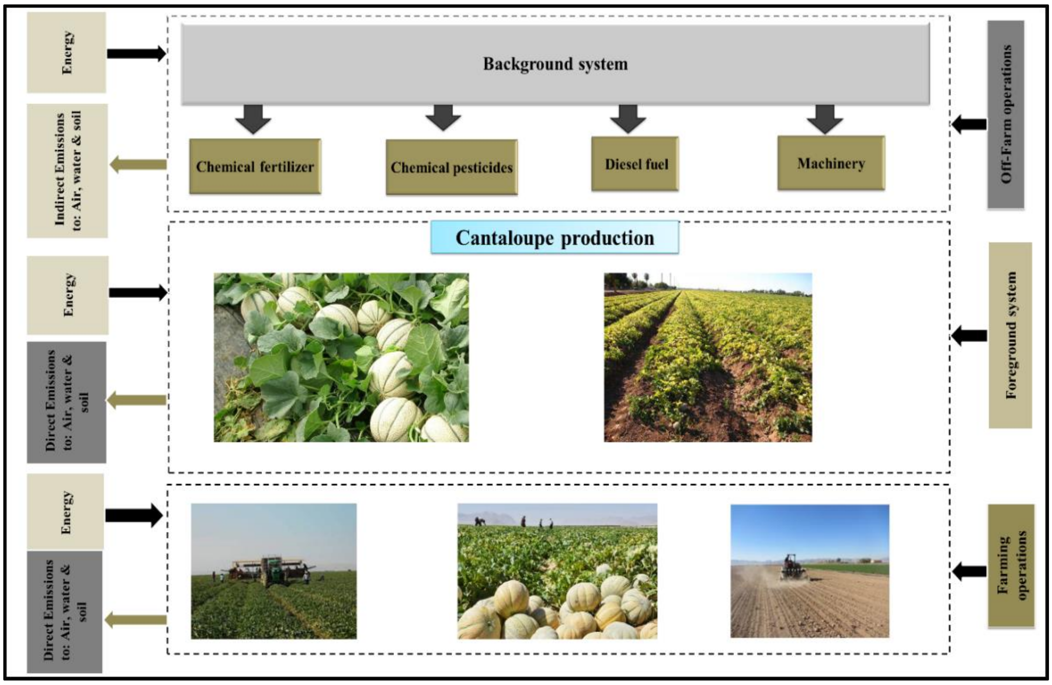
تعیین هدف و دامنه

در این مرحله، چگونگی و هدف یک مطالعه ارزیابی چرخه زندگی مورد بحث قرار می‌گیرند. یکی دیگر از اقدامات مهم و الزامی در مرحله‌ی تعیین هدف و دامنه، انتخاب مرز سامانه است. تعیین مرز مطالعه به‌منظور محاسبه‌ی دقیق‌تر مواد منتشرشده‌ی ناشی از مصرف درون مزرعه و یا پس از برداشت و خروج از مزرعه و در طی فرآیندهای فراوری ضروری می‌باشد (Suh *et al.*, 2004). مرز سامانه در این مطالعه دروازه‌ی مزرعه در نظر گرفته‌شده است که در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین واحد عملکردی یک مفهوم کلیدی در مطالعات ارزیابی چرخه‌ی زندگی می‌باشد که مقایسه‌ی تولیدات و خدمات مختلف را امکان‌پذیر می‌سازد (ISO, 2006). واحد عملکردی در پژوهش حاضر بر پایه‌ی جرم می‌باشد و به‌صورت تولید یک تن گرمک دیم در طول یک سال زراعی تعیین می‌شود.

تحلیل سیاهه

در این مرحله، منابع استفاده شده و انتشار آلاینده‌ها با توجه به واحد عملکردی و مرز سامانه تعیین شد. داده‌های مربوط به منابع استفاده شده در فرآیند تولید، همان داده‌های مربوط به تحلیل انرژی می‌باشد. آلودگی‌های ناشی از مراحل تولید گرمک دیم شامل سه دسته انتشار به آب، هوا و خاک می‌باشد. در این مرحله از داده‌های سیاهه چرخه زندگی پایگاه داده اکواینونت[1] استفاده شد. میزان انتشار آلاینده‌ها به‌ازای هر مگاژول استحصال انرژی از سوخت دیزل در جدول ۲ آورده شده است. همچنین بخش‌های اثر بهره گرفته در این مطالعه و واحدهای سنجش آن‌ها نیز در جدول ۳ آمده‌اند.

1– Ecoinvent



شکل ۱– مرز سامانه تولید گرمک دیم

Fig.1. System boundary of dryland cantaloupe production

جدول ۲– مقادیر انتشار به هوا مربوط به استحصال یک مگاژول انرژی از سوخت دیزل در پایگاه داده اکواینونت

Table 2- Air emission amounts related to the extraction of one MJ energy from diesel fuel in Ecoinvent database

انتشار	Emissions	مقدار Amount (g MJ^{-1} diesel)
دی‌اکسید کربن	Carbon dioxide (CO_2)	74.5
دی‌اکسید گوگرد	Sulfur dioxide (SO_2)	2.41 E-02
متان	Methane (CH_4)	3.08E-03
بنزن	Benzene	1.74E-04
کادمیوم	Cadmium (Cd)	2.39E-07
کرومیوم	Chromium (Cr)	1.19E-06
مس	Copper (Cu)	4.06E-05
دی‌نیتروژن منواکسید	Dinitrogen monoxide (N_2O)	2.86E-03
نیکل	Nickel (Ni)	1.67E-06
روی	Zink (Zn)	2.39E-05
بنزو پایرن	Benzo (a) pyrene	7.16E-07
آمونیاک	Ammonia (NH_3)	4.77E-04
سلنیوم	Selenium (Se)	2.39E-07
هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای	PAH (polycyclic hydrocarbons)	7.85E-05
سایر هیدروکربن‌ها	Hydro carbons (HC, as NMVOC)	6.80E-02
اکسیدهای نیتروژن	Nitrogen oxides (NO_x)	1.06
کربن منو اکسید	Carbon monoxide (CO)	1.05
ذرات معلق با ابعاد کمتر از ۲/۵ میکرون	Particulates (b2.5 μm)	1.007

ارزیابی تأثیر چرخه زندگی

در این مرحله اثرات بالقوه ناشی از مصرف منابع محیطی و تولید آلاینده‌ها بر انسان و طبیعت ارزیابی می‌گردد (Romero-Gámez *et al.*, 2012b). در واقع هدف از ارزیابی اثرات چرخه زندگی تفسیر بیشتر داده‌های سیاهه‌ی چرخه زندگی است (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2016a). ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید گرمک با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو و بر اساس روش CML 2 baseline 2000

انجام‌گرفته است (Khodarezaie *et al.*, 2017). پس از تعیین بخش‌های اثر مورد مطالعه، نرمال‌سازی انجام می‌شود. نرمال‌سازی، فرآیندی است که جهت نشان دادن مقدار سهم معنی‌دار یک اثر از مشکل محیطزیستی کلی، مورد نیاز است. نرمال‌سازی با تقسیم شاخص‌های بخش اثر به یک مقدار نرمال انجام می‌پذیرد. رایج‌ترین روش جهت تعیین مقدار نرمال، تعیین شاخص‌های بخش اثر در یک ناحیه در طول یک سال و تقسیم این نتایج بر تعداد ساکنان آن ناحیه می‌باشد. همه‌ی بخش‌های اثر، بعد از نرمال‌سازی بدون واحد می‌شوند و لذا با یکدیگر قابل‌مقایسه هستند. در این تحقیق ده شاخص زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گرفت که عبارتند از: تخلیه مواد غیر آلی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی، نقصان لایه‌ی ازن، مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک و اکسیداسیون فتوشیمیایی(Milutinović *et al.*, 2017). انتخاب این اثرات بر اساس مشاهدات برخی مطالعات زیست‌محیطی انجام‌شده، می‌باشد (Manfredi and Vignali, 2014).

جدول ۳- بخش‌های اثر، نماد و واحد هرکدام از آن‌ها

Table 3- Impact categories, symbol and unit of each of them

بخش‌های اثر **Impact categories**	نماد **Symbol**	واحد **Unit**
تخلیه مواد غیر آلی Abiotic depletion	AD	کیلوگرم معادل آنتیموان kg Sb eq.
اسیدی شدن Acidification	AC	کیلوگرم معادل دی‌اکسید گوگرد kg SO_2 eq.
اختناق دریاچه‌ای Eutrophication	EU	کیلوگرم معادل فسفات kg PO-3 4 eq.
گرمایش جهانی Global warming	GW	کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن kg CO_2 eq.
نقصان لایه‌ی ازن Ozone layer depletion	OD	کیلوگرم معادل کلروفلوئوروکربن kg CFC11 eq.
مسمومیت انسان‌ها Human toxicity	HT	کیلوگرم معادل دی کلروبنزن kg 1,4-DB eq.
مسمومیت آب‌های سطحی Freshwater aquatic ecotoxicity	FE	کیلوگرم معادل دی کلروبنزن kg 1,4-DB eq.
مسمومیت آب‌های آزاد Marine aquatic ecotoxicity	ME	کیلوگرم معادل دی کلروبنزن kg 1,4-DB eq.
مسمومیت خاک Terrestrial ecotoxicity	TE	کیلوگرم معادل دی کلروبنزن kg 1,4-DB eq.
اکسیداسیون فتوشیمیایی Photochemical oxidation	PO	کیلوگرم معادل اتیلن kg C_2H_4 eq.

تحلیل نتایج

چهارمین مرحله از ارزیابی چرخه زندگی یک محصول، تحلیل نتایج می‌باشد. در این مرحله تمام نتایج به منظور نتیجه‌گیری و ارائه راهکارها مورد بررسی قرار گرفتند. این مرحله، آخرین مرحله شاخص زیست‌محیطی تحت عنوان شاخص بوم شناخت (EcoX) که معیار نهایی ارزیابی چرخه زندگی و نشان دهندۀ مجموع اثرات زیست‌محیطی انتشار انواع آلاینده‌ها می‌باشد، با استفاده از رابطه (۸) محاسبه شد (Mollafilabi, 2019).

$$EcoX = \sum N_i \times W_i \quad (۸)$$

که در این رابطه EcoX شاخص محیطی بوم‌شناخت به‌ازای واحد کارکردی یک تن گرمک، Ni مقدار نرمال شده مربوط به هر گروه تأثیر، Wi وزن مربوط به هر یک از مقادیر Ni می‌باشد.

نتایج و بحث

تحلیل انرژی ورودی و خروجی در تولید گرمک دیم

جدول ۴، میزان انرژی هر یک از نهاده‌ها، سهم آن‌ها از کل انرژی مصرفی و میزان کل انرژی مصرفی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، انرژی کل نهاده‌های مصرفی و خروجی به‌ترتیب برابر با ۳۹۰۲۱/۵۹ و ۳۹۱۹۰/۴۳ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. با توجه به شکل ۲ سوخت دیزل، ماشین‌های کشاورزی و کود نیتروژن به‌ترتیب با سهم ۵۱، ۲۴ و ۱۴ درصد، پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی بودند. الکساندرو و همکاران در مطالعه‌ای به ارزیابی نهاده‌های انرژی در تولید گرمک در کالیفرنیا پرداختند که نتایج آن‌ها کل انرژی ورودی برای تولید را برابر با ۹۱۰ کیلوژول بر کیلوگرم یا ۳۵/۳ مگاژول بر هکتار به‌دست آوردند. علاوه بر این، نتایج آن‌ها نشان داد که کودهای شیمیایی، آبیاری و سوخت دیزل، پرمصرف‌ترین ورودی‌های انرژی در تولید گرمک بودند (Alexandrou *et al.*, 2009). در تحقیقات مشابه دیگر تحقیقی را برای تولید هندوانه انجام دادند و نتایج مطالعه

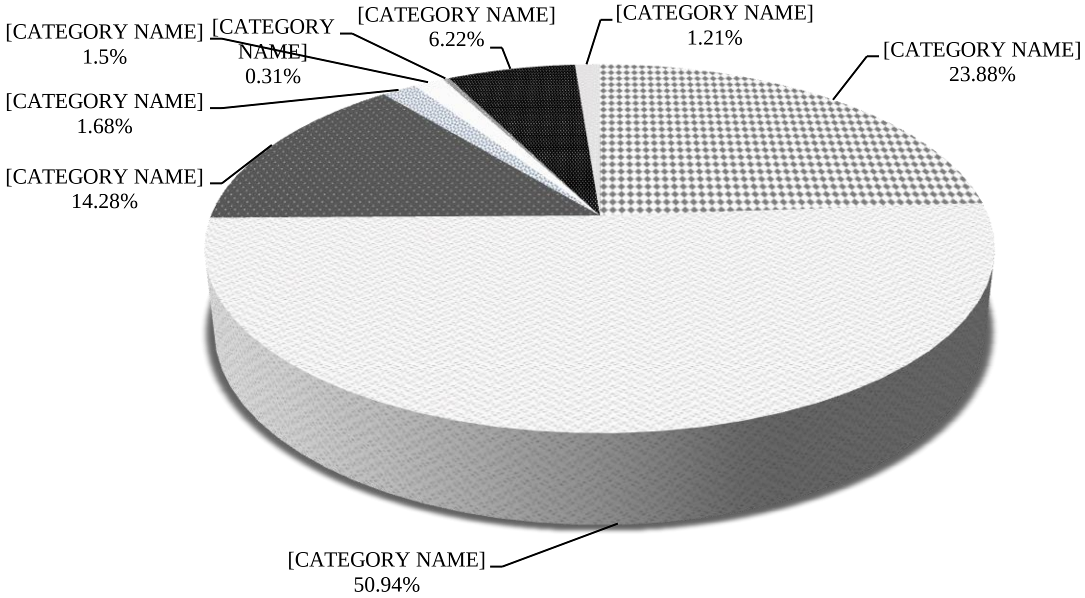
نشان داد که کل انرژی ورودی برابر ۴۶۳۴۹ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد. بیشترین انرژی مصرفی مربوط به کودهای شیمیایی و سوخت دیزل بوده است، که به‌ترتیب برابر با ۲۸۵۶۶/۲۲ و ۳۰۲۵/۷۷ مگاژول بر هکتار می‌باشد (Banaeian *et al*., 2011). نبوی پله سرائی و همکاران در تحقیقی به مدل‌سازی انرژی مصرفی تولید هندوانه پرداختند که انرژی ورودی محاسبه شده برابر با ۴۰۲۲۸/۹۸ مگاژول بر هکتار بوده است. کودهای شیمیایی با ۷۶/۴۹ درصد بیشترین مصرف انرژی را در بین نهاده‌های ورودی محاسبه شد(Nabavi-Pelesaraei *et al*., 2016b). مطالعه‌ای بر روی تولید پنبه در استان البرز انجام شد که نهاده‌های سوخت دیزل، ماشین‌های کشاورزی و کودهای شیمیایی به‌ترتیب به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید گزارش شدند (Pishgar-Komleh *et al*., 2012b). خوشنویسان و همکاران در مطالعه‌ای به مدل‌سازی انرژی مصرفی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید محصول گندم پرداختند. هدف از این مطالعه پیش‌بینی عملکرد گندم و انتشار آلاینده‌ها بر اساس نهاده‌های انرژی ورودی بود. بر این اساس چندین مدل (شبکه عصبی مصنوعی) توسعه داده شد و دقت پیش‌بینی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که متوسط کل انرژی ورودی و خروجی برای تولید گندم ۸۰/۱ و ۳۸ گیگاژول بر هکتار بود. الکتریسیته و کود شیمیایی و آب آبیاری از تأثیرگذارترین عوامل در مصرف انرژی با مقادیر ۳۹/۵، ۲۳/۳ و ۶/۱۷ گیگاژول بر هکتار بود (Khoshnevisan *et al*., 2013b). ایسنگان و همکاران در مطالعه‌ای به ارزیابی مصرف انرژی در تولید گوجه‌فرنگی استان توکات ترکیه پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار انرژی مصرفی در تولید گوجه‌فرنگی ۹۶۹۵۷ مگاژول بر هکتار است که از این مقدار حدوداً ۴۲ درصد مربوط به سوخت دیزل و ۳۸ درصد مربوط به کود شیمیایی و ماشین‌های کشاورزی است (Esengun *et al*., 2007).

با توجه به نتایج و تحقیقات مشابه نهاده‌های سوخت دیزل، ماشین‌های کشاورزی و کود نیتروژن بیشترین میزان مصرف انرژی را در بین نهاده‌های ورودی در تولید گرمک دیم داشتند. دلیل بیشتر بودن سوخت دیزل و ماشین‌های کشاورزی استفاده بیش از حد در عملیات خاک‌ورزی می‌باشد. جهت کاهش میزان مصرف انرژی نهاده‌های سوخت دیزل و ماشین‌های کشاورزی باید میزان عملیات خاک‌ورزی را کاهش داد و از روش‌های نوین خاک‌ورزی نظیر کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی استفاده کرد. بالا بودن میزان کود نیتروژن به دلیل کمبود ماده آلی خاک می‌باشد جهت رفع این مشکل و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی باید عملیات تناوب در زمین‌های کشاورزی انجام شود تا میزان استفاده از کودهای شیمیایی کاهش یابد.

جدول ٤- مقدار مصرف انرژی ورودی و خروجی در تولید گرمک دیم

Table 4- The amount of energy input and output in dryland cantaloupe production

نهاده‌ها Inputs	انرژی مصرفی Energy consumption (MJ ha^{-1})	درصد Percentage (%)
نیروی انسانی Human labor	2425.3	6.22
ماشین‌ها Machinery	9316.44	23.88
سوخت دیزل Diesel fuel	19875.67	50..94
سموم شیمیایی Chemical pesticides	120	0.31
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers		
نیتروژن Nitrogen	5573.14	14.28
فسفر Phosphorus	656.47	1.68
پتاسیم Potassium	583.57	1.5
بذر Seed	471	1.21
کل انرژی نهاده‌ها Total energy inputs	39021.59	100
ستانده Output		
گرمک دیم Dryland cantaloupe	39190.43	-



شکل ۲- سهم نهاده‌های مختلف از نظر مصرف انرژی در تولید گرمک دیم

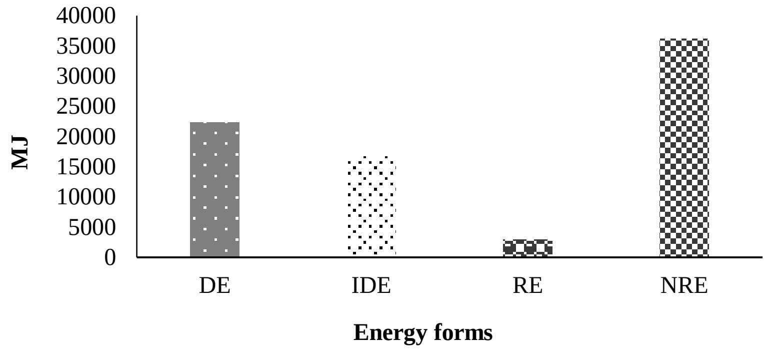
Fig.2. Contribution of different inputs for energy consumption in dryland cantaloupe production

شاخص‌ها و شکل‌های مختلف انرژی برای تولید گرمک دیم در جدول ۵ ارائه شدند؛ همان‌طور که نشان می‌دهد میانگین نسبت انرژی برای تولید گرمک دیم ۱/۰۰۴ محاسبه شد. شکل ۳ سهم انواع مختلف انرژی در تولید گرمک دیم را نشان می‌دهد. سهم انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به‌ترتیب برابر با ۵۷٪، ۴۳٪، ۷٪ و ۹۳٪ بود. در تحقیقات مشابه محاسبه کارایی انرژی برای تولید هندوانه ۱/۲۹ برآورد (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2016b) . نسبت انرژی در تولید هندوانه نسبت به تولید گرمک بالاتر می‌باشد و این به دلیل استفاده بیش از حد میزان نهاده‌های ورودی در تولید گرمک می‌باشد. انرژی تجدیدناپذیر با ۳۶۱۲۵/۲۸ مگاژول بر هکتار برآورد شد که حدود ۹۳ درصد بیشترین سهم انرژی را نسبت به انرژی تجدیدپذیر داشت. با کاهش میزان استفاده از سوخت‌های فسیلی و به‌کار بردن بیش از حد ماشین‌های کشاورزی در عملیات خاک‌ورزی خودداری کرده تا میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر به حداقل رسیده که به دنبال آن میزان انتشار آلایندگی کاهش می‌یابد.

جدول ۵- شاخص‌ها و شکل‌های مختلف انرژی برای تولید گرمک دیم

Table 5- Indexes and various forms of energy for dryland cantaloupe production

عنوان Title	واحد Unit	مقدار Quantity	درصد Percentage (%)
نسبت انرژی Energy use efficiency (EUE)	-	1.004	-
بهره‌وری انرژی Energy productivity (EP)	کیلوگرم بر مگا ژول kg MJ^{-1}	1.004	-
انرژی ویژه Specific energy (SE)	مگاژول بر کیلوگرم MJ kg^{-1}	0.99	-
افزوده خالص انرژی Net energy gain (NEG)	مگاژول بر هکتار MJ ha^{-1}	168.84	-
انرژی مستقیم Direct energy (DE)	مگاژول بر هکتار MJ ha^{-1}	22300.97	57
انرژی غیرمستقیم Indirect energy (IDE)	مگاژول بر هکتار MJ ha^{-1}	16720.61	43
انرژی تجدیدپذیر Renewable energy (RE)	مگاژول بر هکتار MJ ha^{-1}	2896.30	7
انرژی تجدیدناپذیر Non-renewable energy (NRE)	مگاژول بر هکتار MJ ha^{-1}	36125.28	93



شکل ۳- سهم انواع انرژی در تولید گرمک

Fig.3. The contribution of energy types in dryland cantaloupe production

تحلیل اثرات زیست‌محیطی در تولید گرمک دیم

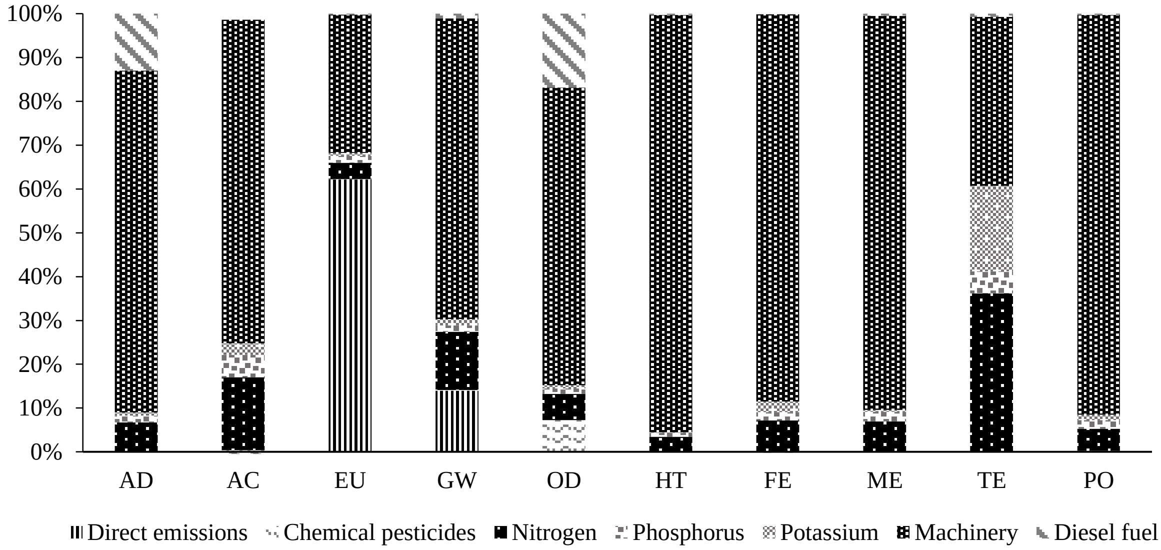
اثرات زیست‌محیطی در تولید گرمک دیم با رویکرد ارزیابی چرخه‌ی زندگی موردبررسی قرار گرفت و شاخص‌های به‌دست‌آمده با استفاده از مدل CML 2 baseline 2000 در جدول ۶ آورده شده است. مسمومیت انسان‌ها و مسمویت آب‌های آزاد به‌ترتیب با kg 1,4- DCB eq ۴۳۵/۱۸ و kg 1,4-DCB eq ۱۵۱۱۵۸/۶۵به ازای تولید یک تن گرمک تولید شده، بیشترین میزان آلایندگی را در بین بخش‌های اثر داشتند. همچنین یکی از مهم‌ترین بخش‌های اثر در این مطالعه پتانسیل گرمایش می‌باشد که میزان به‌دست آمده به ازای یک تن محصول تولیدی برابر با kg CO_2 eq ۲۰۲/۴۵ می‌باشد.

در تحقیقی مشابه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید هندوانه ۱۰۱۵kg CO_2 eq. ha^{-1} محاسبه شد که بیشترین میزان آلایندگی مربوط به کودهای نیتروژن با ۵۴/۲۳ درصد، سوخت دیزل با ۱۶/۷۳ درصد و به دنبال آن الکتریسیته با ۱۵/۴۵ درصد گزارش شد (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2016b). خوشنویسان در پژوهشی به ارزیابی چرخه زندگی دو محصول گلخانه‌ای خیار و گوجه گلخانه‌ای در استان اصفهان پرداخت. نتایج ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی نشان داد در بخش گلخانه‌ای بیشترین آلایندگی ناشی از مصرف زیاد گاز طبیعی گزارش شده است (Khoshnevisan, 2013).

جدول ٦- شاخص‌های ارزیابی چرخه‌ی زندگی به ازای یک تن گرمک دیم

Table 6- Life cycle assessment indices for one ton dryland cantaloupe

بخش‌های اثر Impact categories	واحد Unit	مقدار Quantity
تخلیه مواد غیر آلی Abiotic Depletion	kg Sb eq	1.2
اسیدی شدن Acidification	kg SO_2 eq	0.69
اختناق دریاچه‌ای Eutrophication	kg PO^{-3}_4 eq	0.79
گرمایش جهانی Global Warming	kg CO_2 eq	202.45
نقصان لایه‌ی ازن Ozone Layer Depletion	kg CFC-11 eq	9.96
مسمومیت انسان‌ها Human Toxicity	kg 1,4-DCB eq	435.18
مسمومیت آب‌های سطحی Freshwater Aquatic Ecotoxicity	kg 1,4-DCB eq	93.83
مسمومیت آب‌های آزاد Marine Aquatic Ecotoxicity	kg 1,4-DCB eq	151158.65
مسمومیت خاک Terrestrial Ecotoxicity	kg 1,4-DCB eq	0.83
اکسیداسیون فتوشیمیایی Photochemical Oxidation	kg C_2H_4 eq	0.70

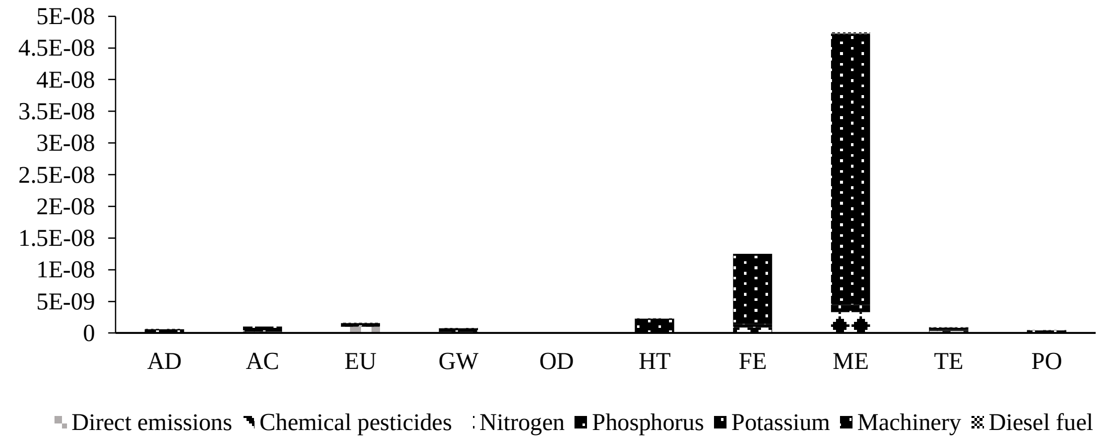


شکل ٤- سهم نهاده‌های مختلف در ایجاد اثرات زیست‌محیطی تولید گرمک دیم

Fig.4. Contribution of different inputs to the environmental impacts of dryland cantaloupe production

شکل ۴ سهم نهاده‌های مصرفی در هر یک از بخش‌های اثر مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل نشان داده‌شده است سوخت دیزل بیشترین تأثیر را بر روی اثرات تخلیه مواد غیر آلی و نقصان لایه اوزن، داشته است و در تمام بخش‌های اثر، ماشین‌های کشاورزی و کود نیتروژن بیشترین سهم آلایندگی را به خود اختصاص دادند. همچنین آلاینده‌های مستقیم بیشترین میزان آلایندگی را بر روی اثرات اختناق دریاچه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی گذاشته است. به ارزیابی شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی کشت سیب‌زمینی پرداخته شد؛ نتایج نشان داد که کودهای شیمیایی و سوخت دیزل بیشترین تأثیر را بر شاخص‌های گرمایش جهانی و اختناق دریاچه‌ای داشتند (Khoshnevisan *et al.*, 2013b).

نرمال‌سازی، محاسبه اهمیت نتایج شاخص‌ها در ارتباط با برخی اطلاعات مرجع است. توجه به نرمال‌سازی برای درک بهتر میزان ارتباط با نتایج شاخص سامانه تحت مطالعه است. به‌عبارت‌دیگر در این بخش اهمیت یا بزرگی شاخص‌های محاسبه‌شده با توجه به اطلاعات مرجع محاسبه می‌شود نتایج نرمال‌سازی بخش‌های اثر در شکل ۵ ارائه‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که بخش اثر مسمومیت آب‌های آزاد و مسمومیت آب‌های سطحی بیشترین بار زیست‌محیطی را در تولید گرمک دیم به خود اختصاص داده است.



شکل ۵- نرمال‌سازی اثرات زیست‌محیطی در تولید گرمک دیم

Fig.5. Normalization of environmental impacts in dryland cantaloupe production

شاخص بوم‌شناخت (EcoX)

نتایج شاخص بوم‌شناخت (EcoX) گرمک دیم تولید شده برابر با ۰/۲۳ EcoX به ازای یک تن گرمک تولیدی محاسبه گردید. سهم گروه‌های مختلف تحت تأثیر مورد مطالعه از شاخص‌های زیست‌محیطی در تولید گرمک برای شاخص‌های مسمومیت آب‌های آزاد، پتانسیل گرمایش جهانی و مسمومیت انسان‌ها به‌ترتیب ۰/۵۶، ۰/۱۴ و ۰/۲۱ EcoX بیشترین سهم در مقایسه با شاخص‌های دیگر داشتند. با توجه به این نتایج مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی به‌خصوص کود نیتروژن به دلیل پتانسیل بالاتر بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی، سبب افزایش بروز تشدید اثرات زیست‌محیطی می‌شود. راهکار پایدار جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید نیشکر، افزایش کارایی مصرف منابع می‌باشد. در مطالعه‌ای با بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید آفتابگردان و کلزا بیان داشتند، بالاترین اثرات زیست‌محیطی برای گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی و اوتریفیکاسیون حاصل گردید. دلیل این امر را به تولید و مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و عملیات خاک‌ورزی نسبت دادند (Iriarte *et al*., 2010).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، میزان انرژی مصرفی و اثرات زیست‌محیطی با رویکرد ارزیابی چرخه‌ی زندگی با مدل CML 2 baseline 2000 در تولید گرمک در شهرستان ایوان غرب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل انرژی نشان داد انرژی کل نهاده‌های مصرفی برابر با ۳۹۰۲۱/۵۹ مگاژول بر هکتار بوده که از بین نهاده‌های ورودی سوخت دیزل، ماشین‌های کشاورزی و کود نیتروژن پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی بودند. شاخص کارایی انرژی و افزوده خالص انرژی در این مطالعه به‌ترتیب مقدار ۱/۰۰۴ و ۱۶۸/۸۴ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد. در بخش‌های اثر مورد مطالعه، سوخت دیزل، کود نیتروژن و ماشین‌های کشاورزی بیشترین تأثیر را داشته‌اند. نتایج نرمال‌سازی بخش‌های اثر آلایندگی زیست‌محیطی نشان داد که بخش اثر مسمومیت آب‌های آزاد بیشترین بار زیست‌محیطی در تولید گرمک را دارد. همچنین نتایج شاخص بوم‌شناخت (EcoX) گرمک دیم تولید شده برابر با ۰/۲۳ EcoX به ازای یک تن گرمک تولیدی به‌دست آمد. دلیل مصرف بالای انرژی مصرفی و انتشار آلاینده‌های مربوط به سوخت دیزل و ماشین‌های کشاورزی، استفاده‌ی بیش از حد ادوات خاک‌ورزی به‌منظور حفظ آب در زمین برای کشت دیم می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌گردد با مدیریت صحیح استفاده از ماشین‌های کشاورزی، تجهیز مزارع با ماشین‌های مناسب و جدید و عدم استفاده از تراکتور و ادوات فرسوده در دستور کار قرار گیرد تا انرژی مصرفی و آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از تولید به حداقل برسد. استفاده‌ی کمتر از کودهای شیمیایی (به‌خصوص نیتروژن) و جایگزینی آن با کودهای آلی نیز می‌تواند در این امر تأثیرگذار باشد.

References

1. Alexandrou, A., P. Vyrlas, D. Adhikari, and D. Goorahoo. 2009. Energy inputs for cantaloupe production in San Joaquin Valley, California. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. Vol. IX. 1150-2220.
2. Auer, J., N. Bey, and J. M. Schäfer. 2017. Combined Life cycle assessment and life cycle costing in the Eco-Care-Matrix: A case study on the performance of a modernized manufacturing system for glass containers. Journal of Cleaner Production 141: 99-109.
3. Bakhtiari, A. A., A. Hematian, and A. Sharifi. 2015. Energy analysis and greenhouse gas emissions assessment for saffron production cycle. Environmental Science and Pollution Research 22 (20): 16184-16201.
4. Banaeian, N., and M. Namdari. 2011. Effect of ownership energy use efficiency in watermelon farms –a data envelopment analysis Approach. International Journal of Renewable Energy Research 1 (3): 75-82.
5. Cellura, M., S. Longo, and M. Mistretta. 2012. Life Cycle Assessment (LCA) of protected crops: an Italian case study. Journal of Cleaner Production 28: 56-62.
6. Esengun, K., G. Erdal, O. Gunduz, and H. Erdal. 2007. An economic analysis and energy use in staketomato production in Tokat province of Turkey. Renewable Energy 32: 1873-1881.
7. Hosseini, S. M., S. Afzalinia, and K. Mollaee. 2016. Energy indices in irrigated wheat production under conservation and conventional tillage and planting methods. Journal of Agricultural Machinery 6 (1): 236-249. (In Farsi).
8. Huijbregts, M. A. J, Z. J. N. Steinmann, P. M. F. Elshout, G. Stam, F. Verones, and M. Vieira. 2017. ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. International Journal of Life Cycle Assessment 22: 138-47.
9. Iriarte, A., J. Rieradevall, and X. Gabarrell. 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. Journal of Cleaner Production 18 (4): 336-345.
10. ISO. 2006. Environmental Management: Life Cycle Assessment: Principles and Framework. ISO 14040.
11. Jolliet, O., M. Saadé-Sbeih, S. Shaked, A. Jolliet, and P. Crettaz. 2016. Environmental Life Cycle Assessment. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
12. Kaab, A., M. Sharifi, and H. Mobli. 2019c. Analysis and optimization of energy consumption and greenhouse gas emissions in sugarcane production using data envelopment analysis. Iranian Journal of Biosystem Engineering 50: 19-30.

13. Kaab, A., M. Sharifi, H. Mobli, A. Nabavi-Pelesaraei, and K.W. Chau. 2019a. Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. Science of The Total Environment 664: 1005-19.
14. Kaab, A., M. Sharifi, H. Mobli, A. Nabavi-Pelesaraei, and K.W. Chau. 2019b. Use of optimization techniques for energy use efficiency and environmental life cycle assessment modification in sugarcane production. Energy 181: 1298-320.
15. Khodarezaie, E., H. Veisi, O. Noori, M. Taheri, and K. Khosbakht. 2017. Environmental impact assessment of olive (*Olea europaea* L.) production using Life Cycle Assessment: A case study, Tarom County, Zanjan province. Journal of Agroecology 9 (2): 458-474. (In Farsi).
16. Khoshnevisan, B. 2013. Modeling and optimization of emissions and energy consumption of some crops (potato, wheat, greenhouse cucumber and greenhouse tomato) in Freydonshahr city in Esfahan province. A Master of Science Thesis in Agricultural Mechanization Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology Department of Agricultural Machinery Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. (In Farsi).
17. Khoshnevisan, B., Sh. Rafiee, M. Omid, A. Keyhani, and M. Movahedi. 2013a. Evaluation of energy and environmental indices of potato cultivation with a life cycle approach: Case study of FereydounShahr city in Isfahan province. Iranian Journal of Biosystem Engineering 44 (1): 57-66. (In Farsi).
18. Khoshnevisan, B., Sh. Rafiee, M. Omid, M. Yousef, and M. Movahedi. 2013b. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks, Energy 52: 333-338.
19. Kouchaki-Penchah, H., M. Sharifi, H. Mousazadeh, H. Zarea-Hosseinabadi, and A. Nabavi-Pelesaraei. 2016. Gate to gate life cycle assessment of flat pressed particleboard production in Islamic Republic of Iran. Journal of Cleaner Production 112: 343-350.
20. Mandal, S., S. Roy, A. Das, G. I. Ramkrushna, R. Lal, B. C. Verma, A. Kumar, R. K. Singh, and J. Layek. 2015. Energy efficiency and economics of rice cultivation systems under subtropical Eastern Himalaya. Energy for Sustainable Development. 28: 115-121.
21. Manfredi, M., and G. Vignali. 2014. Life cycle assessment of a packaged tomato puree: a comparison of environmental impacts produced by different life cycle phases. Journal of Cleaner Production 73: 275-284.
22. Milutinović, B., G. Stefanović, PS. Dekić, I. Mijailović, and M. Tomić. 2017. Environmental assessment of waste management scenarios with energy recovery using life cycle assessment and multi-criteria analysis. Energy 137: 917-926.
23. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. 2018. Center for Information and Communication Technology - Ministry of Agriculture, amar.maj.ir.
24. Mohseni, P., A. M. Borgheei, and M. Khanali. 2019. Energy Consumption analysis and environmental impact assessment of grape production in Hazavah region of Arak city. Journal of Agricultural Machinery 9 (1): 177-193. (In Farsi).
25. Mollafilabi, A. 2019. Comparison of Environmental Impacts for Rice (*Oryza sativa* L.) Agroecosystems in the First and Second Planting Patters by using Life Cycle Assessment (Case Study: Sari County). Journal of Agroecology 10 (4): 949-964. (In Farsi).
26. Mousavi-Avval, S. H., Sh. Rafiee, M. Sharifi, S. Hosseinpour, B. Notarnicola, G. Tassielli, P. A. Renzulli, and M. Khanali. 2017. Use of LCA indicators to assess Iranian rapeseed production systems with different residue management practices. Ecological Indicators 80: 31-39.
27. Nabavi-Pelesaraei, A., R. Abdi, and Sh. Rafiee. 2016b. Neural network modeling of energy use and greenhouse gas emissions of watermelon production systems. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 15: 38-47.
28. Nabavi-Pelesaraei, A., Sh. Rafiee, H. Hosseinzadeh-Bandbafha, and S. Shamshirband. 2016a. Modeling energy consumption and greenhouse gas emissions for kiwifruit production using artificial neural networks. Journal of Cleaner Production 133: 924-931.
29. Nabavi-Pelesaraei, A., Sh. Rafiee, S. S. Mohtasebi, H. Hosseinzadeh-Bandbafha, and K. W. Chau. 2018. Integration of artificial intelligence methods and life cycle assessment to predict energy output and environmental impacts of paddy production. Science of the Total Environment 631-632: 1279-1294.
30. Nabavi-Pelesaraei, A., Sh. Rafiee, S. S. Mohtasebi, H. Hosseinzadeh-Bandbafha, and K. W. Chau. 2017. Energy consumption enhancement and environmental life cycle assessment in paddy production using optimization techniques. Journal of Cleaner Production 162: 571-86.
31. Ozkan, B., H. Akcaoz, and C. Fert. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39-51.
32. Ozkan, B. R., F. Ceylan, and H. Kizilay. 2011. Comparison of energy inputs in glasshouse double crop (fall and summer crops) tomato production. Renewable Energy 36: 1639-1644.

33. Pishgar-Komleh, S. H., M. Ghahderijani, and P. Sefeedpari. 2012b. Energy consumption and CO_2 emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. Journal of Cleaner Production 33: 183-191.
34. Pishgar-Komleh, S. H., P. Sefeedpari, and M. Ghahderijani. 2012a. Exploring energy consumption and CO_2 emission of cotton production in Iran. Journal of Renewable and Sustainable Energy 4: 033115.
35. Romero-Gámez, M., E. Audsley, and E. M. Suárez-Rey. 2012a. Life cycle assessment of cultivating lettuce and escarole in Spain. Journal of Cleaner Production 73: 193-203.
36. Romero-Gámez, M., E. M. Suárez-Rey, A. Antón, N. Castilla, and T. Soriano. 2012b. Environmental Impact of Screenhouse and Open-Field Cultivation Using a Life Cycle Analysis: The Case Study of Green Bean Production. Journal of Cleaner Production 28: 63-69.
37. Suh, S., M. Lenzen, G. J. Treloar, H. Hondo, A. Horvath, G. Huppes, and O. Jolliet. 2004. System Boundary Selection in Life-Cycle Inventories Using Hybrid Approaches. Environmental Science & Technology 38 (3): 657-64.
38. Taheri-Garavand, A., A. Asakereh, and K. Haghani. 2010. Energy elevation and economic analysis of canola production in Iran a case study: Mazandaran province. International Journal of Environmental Sciences 1: 236-242.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 11, No. 2, Fall- Winter 2021, p. 491-504

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۴۰۰، ص ۵۰۴-۴۹۱

Analysis of Energy Indicators and Environmental Impacts of Dryland Cantaloupe Production with Life Cycle Assessment Approach (Case Study: Ilam)

A. Kaab[1], M. Sharifi[2*], H. Moradi[1]

Received: 24-07-2019
Accepted: 11-09-2019

Introduction

Cantaloupe is a one-year-old herb of gourds and edible fruit with very good properties. Cantaloupe is one of the best sources of vitamin A and is rich in beta carotene, which is converted into vitamin A in the body. In addition, it contains other useful nutrients such as potassium, steel, fiber, magnesium, iodine and vitamins B5, B3, B6 and B1. Life cycle assessment in recent years has become an appropriate tool for assessing environmental impacts in agricultural and food industries. The purpose of this study was to evaluate the life cycle assessment of this horticultural crop in terms of energy consumption and the environmental impacts in the city of Iwan West, Ilam province.

Materials and Methods

The data were collected from dryland cantaloupe producers in the city of Iwan West, Ilam province using questionnaires and interviews were collected from farmers. In this study, four important energy indices were energy use efficiency (EUE), energy productivity (EP), specific energy (SE), and net energy gain (NEG). Environmental impacts on dryland cantaloupe production were evaluated using a life cycle assessment approach and the obtained indexes were calculated using the CML 2 baseline 2000 model. Ecoinvent databases were used to access needed information and data analysis was done with Simapro software. In a life cycle assessment project, all production processes of a product from the stage of extraction of materials to disposal of the remaining waste from the product are reviewed and the results of the reduction of environmental degradation are applied. Each life cycle assessment project has four essential steps including, goal and scope definition, life cycle inventory, environmental impact assessment, and interpretation.

Results and Discussion

Input and output energy analysis in dryland cantaloupe production

The total input and output energies for dryland cantaloupe were calculated to be 39021.59 and 39190.43 MJ ha^{-1}, respectively. Diesel fuel, agricultural machinery and nitrogen fertilizers were the most widely used energy inputs with 51%, 24%, and 14%, respectively. Energy use efficiency for dryland cantaloupe production was calculated at 1.004.

Analysis of environmental impacts in dryland cantaloupe production

In this study, the global warming potential per produced product in dryland cantaloupe production was estimated to be equal to 202.45 kgCO_2 eq. from among inputs, diesel fuel had the most impact on the effects of abiotic depletion and ozone layer depletion, and in all parts of the effects of agricultural machinery and nitrogen fertilizers, the largest share of pollutants was allocated. The results of normalization showed that the effect of marine aquatic ecotoxicity and freshwater aquatic has the highest environmental burden on dryland cantaloupe production.

Conclusions

The results of energy analysis showed that the total energy inputs were equal to 39021.59 MJ ha^{-1}. Among inputs of diesel fuel, agricultural machinery, and nitrogen fertilizer were the most consumed energy inputs. The energy use efficiency index and the net energy in this study were 1.004 and 168.84 MJ ha^{-1}, respectively. The results of environmental impacts had shown that diesel fuel, nitrogen fertilizer, and agricultural machinery had been most affected. It is recommended that proper management of agricultural machinery, equipping fields with new and suitable machines and avoiding the use of tractors and worn-out tools should be put in order to minimize the energy consumption and environmental pollutants generated by the production. Less use of chemical fertilizers (especially nitrogen) and its replacement with organic fertilizers can also be affected.

Keywords: Dryland cantaloupe, Energy, Environmental impacts, Eco-Index

1- M.Sc. Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Associate Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: m.sharifi@ut.ac.ir)